Aus dem Physiologischen Institut der Universität Heidelberg
Direktor: Prof. Dr. Achelis

Untersuchungen über die Summation unterschwelliger Reize beim gekreuzten Beinanziehreflex des spinalen Froschs bei peripherer und zentraler Kühlung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der zahnmedizinischen Doktorwürde

einer hohen medizinischen Fakultät

der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Herbert Meyer, Zahnarzt

LANE MEDICAL LIBRARY

1939

Buchdruckerei Ludwig Bitsch, Birkenau

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Heidelberg
Direktor: Prof. Dr. Achelis

Untersuchungen über die Summation unterschwelliger Reize beim gekreuzten Beinanziehreflex des spinalen Froschs bei peripherer und zentraler Kühlung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der zahnmedizinischen Doktorwürde

einer hohen medizinischen Fakultät

der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Herbert Meyer, Zahnarzt

1939

Buchdruckerei Ludwig Bitsch, Birkenau

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153320_0195

Meinen Eltern!

Gedruckt mit Genehmigung der mediz. Fakultät der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg.

Referent: Prof. Dr. Achelis.

Dekan: Prof. Dr. Runge.

I.

Einleitung.

Die Mehrzahl der bisher vorliegenden Untersuchungen über die Summation einzeln unterschwelliger Reize beim gekreuzten Beinanziehreflex des spinalen Froschs wurden mit Apparaturen angestellt, die eine Reizung am Stamm des nervus Ischiadicus nur mit langsamen und mittelschnellen Reizintervallen gestattet. So arbeitete beispielsweise Schriever[1]) mit Frequenzen bis zu 55 ~/ sec. und fand, daß die Reizintensität, die notwendig war, um den Reflex auszulösen, von den langsameren zu den schnelleren Reizfrequenzen abnahm, ein Optimum erreichte und sich dann nicht mehr änderte. Andere Autoren, wie Essen, Matthaei, Bremer, F. B. Hoffmann stellten bei weiter steigender Frequenz auch wieder einen Anstieg der Schwellenintensität fest. Diese Ergebnisse wurden durch Versuche in unserem Institut, bei denen Frequenzen bis zu 450 ~/ sec. benutzt wurden, bestätigt. Es waren bei diesen kleinen Reizintervallen bis zur Erreichung der Reizschwelle Intensitäten notwendig, die bis zu 100% und mehr über dem Optimum lagen.

Allgemein war der Wiederanstieg der Reizkurve vom Optimum zu den hohen Frequenzen erheblich steiler, als der Abfall von den niedrigen Frequenzen her. Da man sich den Vorgang der Summation zentral bedingt vorstellt, erhebt sich die Frage, ob in dieser Schwellensteigerung ein zentrales Versagen der Summationsfähigkeit zu sehen ist, oder ob diese Erscheinung peripher bedingt ist. Um der Lösung dieses Problems näher zu kommen, wurde in einer Versuchsreihe zunächst der Nervenstamm an der Reizstelle gekühlt und dann in einer zweiten Versuchsreihe eine Kühlung des Rückenmarks vorgenommen.

Versuche mit zentraler und peripherer Kühlung hatte zwar bereits Lapicque angestellt. Er ging jedoch nur bis zum Frequenzoptimum, sodass seine Versuche keinen Aufschluss über die Zusammenhänge bei den kurzen Intervallen geben. Die von im gefundenen Ergebnisse für die langsamen Frequenzen bis zum Frequenzoptimum decken sich mit den unseren.

Anm. [1]): H. Schriever: Erg. Physiol. 38, 877 (1937). Siehe hier auch alle übrige Literatur

II.

Versuchsmethode

Wir benutzten zu unseren Versuchen einen von Koch[1]) angegebenen Kippschwinger mit einigen bei den Sensibiltätsuntersuchungen von Hauck und Neuert[2]) bereits vorgenommenen Abänderungen, wobei wir Spannungsänderungen am Gitter der dritten Röhre zum Oeffnen beziehungsweise Schliessen unseres Reizkreises benutzten. Zwischen Anode und Kathode dieser Röhre legten wir einen Kondensator von 0,001 Mikrofarad, der sich bei leitender Röhre über das Objekt entlud. Aufgeladen wurde der Kondensator über einen Widerstand von 500 000 Ω. Die Spannung entnahmen wir einem Messdraht, an den wir einen 4-Volt Akku gelegt hatten. In Serie lagen noch einige 4-Volt Akkus, die über Pohlsche Wippen leicht in den Stromkreis ein und ausgeschaltet werden konnten. Bei dieser Schaltung haben wir, ebenso wie bei der von Haimann und Schenk[3]) benutzten, sehr kurze, in der Verlaufsform frequenzunabhängige, gleichartige Reize. Der Kondensator war so gewählt, dass er auch bei unseren höchsten Frequenzen noch vollständig aufgeladen wurde. Der minimale Gleichstrom, der bei dieser Schaltung bei leitender Röhre fliesst, spielt bei unseren Versuchen keine Rolle.

Die Elektrode, die entwickelt werden musste, war so beschaffen, dass der Nerv in situ belassen werden konnte, weil wir am durchtrennten Nerven die Beobachtung machten, dass der entstehende Demarkationsstrom sich durch die frequente Unterbrechung bei einem optimalen Intervall so wirksam zu summieren vermochte, dass er allein schon einen kräftigen Reflex auslösen konnte. Es wurden schliesslich eine in den Muskel versenkbare Kunstharzelektrode hergestellt, die den Nerven nicht zerrte. Auch die Blutversorgung brauchte nicht gestört zu werden. In die Elektrode war zur Aufnahme des Nerven eine Rinne eingeschnitten, die mit einem Deckel, der ein Austrocknen des Nerven verhindern sollte, verschlossen werden konnte. Die Stromzuführung wurde durch zwei mit

Anm. [1]): Koch, Pflügers Arch. 231
Anm. [2]): A. Hauck u. H. Neuert, Pflügers Arch. 338, 574 (1937).
Anm. [3]): E. Haimann und E. W. Schenk, Pflügers Arch. 238, (1937)

Ringerlösung benetzte Wattebäusche bewirkt, die durch zwei Bohrungen durch den Elektrodenkörper in der Rinne mündeten und so mit dem Nervenstamm Kontakt bekamen. Der besseren Handhabung wegen wurde die Elektrode mit zwei Fahrradventilschläuchen, durch die ebenfalls mit Ringerlösung getränkte Fäden gezogen waren, mit einer Zn-$ZnSO_4$ Elektrode verbunden. Dazwischen waren noch zwei mit Ringerton gefüllte Glasröhrchen geschaltet, um eine Diffusion der $ZnSO_4$ Lösung zum Nerven zu verhindern. Aus dem gleichen Grunde wurde die Ringertonfüllung zu jedem Versuche erneuert. Messungen und der Verlauf der Versuche haben gezeigt, dass diese Elektrodenanordnung einwandfrei arbeitet, vor allem Polarisationsströme nicht auftraten.

Zum Dezerebrieren der Versuchstiere wurde der eine Schenkel einer zu diesem Zwecke konstruierten Zange soweit in das Maul des Tieres eingeführt, bis der andere Schenkel hinter dem Kopfe lag, dann wurde das Rückenmark abgequetscht. Dabei zeigte es sich, dass die besten Ergebnisse erzielt wurden, wenn die Tiere einige Stunden, ja einige Tage vor dem Versuche operiert worden waren. Bei Tieren, die unmittelbar nach der Dezerebration benutzt wurden, beobachteten wir immer wieder spontane Bewegungen, die vermutlich auf den Schock des Eingriffs und den Wundreiz zurückzuführen waren. Wir machten es uns deshalb zur Regel, den Eingriff wenigstens sechs Stunden vor Versuchsbeginn vorzunehmen. Zu dem Versuche selbst wurden die Tiere mit Kopf, Rumpf und dem Bein, an dem der nervus ischiadicus freipräpariert und gereizt wurde, an einem Brettchen fixiert, während das andere Bein, das die Reflexbewegung zeigte, durch einen Ausschnitt aus dem Brettchen frei herabging.

Mit dieser Versuchsanordnung konnten wir die Reizschwellenkurve aufnehmen, und zwar bei Zimmertemperatur wie bei zentraler Kühlung. Für die peripheren Kühlungsversuche musste die Elektrode umgebaut werden. Die Rinne, die ursprünglich nur der Aufnahme des Nerven dienen sollte, wurde soweit vertieft, dass sie noch eine Glasröhre aufzunehmen vermochte. Diese wurde U-förmig gebogen, sodaß die senkrechten Schenkel der U-Form an den Seitenwänden der Elektrode, mit denen sie verkittet wurden, wieder hochliefen. Hierdurch wurde ein Kontakt mit den benachbarten Muskelpartien des Versuchstieres vermieden. Auch musste darauf geachtet werden, dass die mit dem Nerven verlaufende Arterie der Kühlröhre fernblieb und keine Allgemeinkühlung auf dem Blutwege eintrat. Der horinzontale Teil unserer Kühlröhre war soweit ausgezogen worden, dass er noch eine

genügende Durchlässigkeit für das Kühlwasser aufwies, aber auch dünn genug war, dass der Nerv nicht gezerrt werden musste. Nun wurden die Kontaktwattefäden über die Kühlröhre gezogen und der Nerv so aufgebracht, dass er die Wattefäden und die Kühlröhre berührte, und schliesslich konnte von einem erhöht aufgestellten Gefäss eisgekühltes Wasser durch die Röhre geschickt werden.

III.

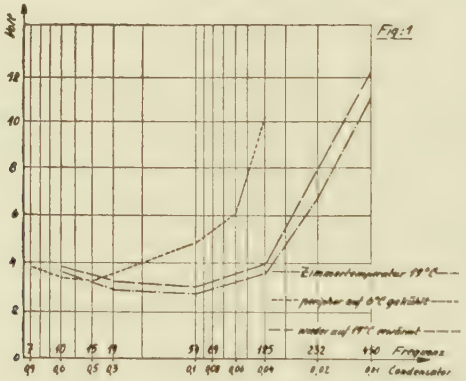
Ergebnisse.

Die Versuche wurden in der Zeit von August bis November angestellt und zwar 25 verwertbare Versuche mit peripherer Kühlung, 10 solche mit zentraler und 6 solche am Nervmuskelpräparat, wobei die Aufnahmen dieser motorischen Reizschwellenkurven mehr als Kontrollversuche aufzufassen sind. Die im Verhältnis zu den zentralen Kühlungen hohe Zahl der peripheren erklärt sich aus den grösseren technischen Schwierigkeiten, die mit dieser Versuchsanordnung verknüpft sind und der sich daraus ergebenden Notwendigkeit zur Ausschaltung von Zufälligkeitswerten und zur Sicherung unserer Versuchsergebnisse möglichst zahlreiches, vergleichbares Material zu bekommen.

Bei den zuerst angestellten peripheren Kühlungsversuchen war das Kühlwasser auf eine Temperatur von 0^0 gebracht worden. Wenn dieses auch auf seinem Wege bis zur Stelle seiner Wirksamkeit wieder etwas Wärme aufgenommen haben mag, und ausserdem der Nerv der Kühlröhre nur auflag, so dürfte bei der Geringfügigkeit dieser Fehlerquelle der Nerv an der Reizstelle eine Temperatur von nur wenig über 0^0 aufgewiesen haben. Hier sei auch noch bemerkt, dass es peinlich vermieden wurde, während des Versuchsablaufs Aenderungen an der Versuchsanordnung vorzunehmen. Denn es zeigte sich, dass eine Verschiebung der Elektrode oder eine Zerrung des Nerven, die gelegentlich durch eine überstarke Reflexbewegung des Versuchstieres verursacht wurde, genügte, um die Reizschwellen schon um einige % zu verschieben.

Wir gingen nun so vor, dass wir zuerst die Reizschwellenkurve bei Zimmertemperatur bestimmten und dann mit der Kühlung begannen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass als Test immer dieselbe Reflexbewegung gewertet wurde. Bei den an sich fliessenden Uebergängen von einem eben sichtbaren Anheben der Zehen über das Heben des Fusses bis zur ausgeprägten Beugung im Kniegelenk ist der Uebergang vom leichten Heben des Unterschenkels bis zum kräftigen Anwinkeln desselben am leichtesten wiederzuerkennen und wurde deshalb als Reizschwelle gewählt. Wurde mit der Reizung

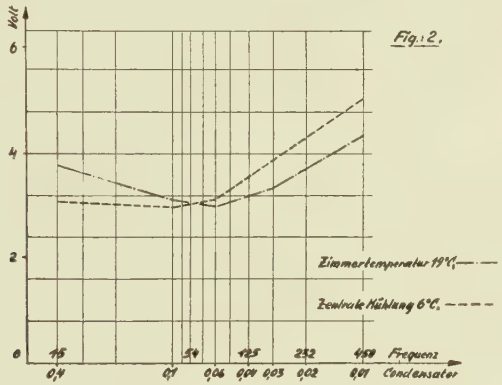
eingesetzt, sobald das Kühlwasser zu fliessen begann, so sah man, dass mit zunehmender Kühlung des Nerven immer höhere Reizintensitäten notwendig waren, um den Reflex auszulösen, bis dieser nach einer Kühlzeit von 10—15 Minuten überhaupt nicht mehr zu erzielen war, selbst wenn die Reizintensität um ein mehrfaches gesteigert wurde. Es konnten darum diese Versuche auch nicht graphisch dargestellt werden, sie waren aber alle durchaus reversibel. Wurde statt des gekühlten Wassers jetzt, nachdem alle Reflexe ausgefallen waren, Wasser mit Zimmertemperatur durch die Kühlröhre geschickt, so stellten sich nach wenigen Minuten die alten Reizschwellen wieder ein. Es sei betont, dass auf die Reversibilität dieser Versuche größter Wert gelegt wurde als Kontrolle ihres einwandfreien Verlaufs. Auftretende Störungen waren während der Kühlung ja nicht festzustellen. Vor allem war die Reizschwellen-Konstanz, die bei sorgfältiger Herstellung des Präparates in der grossen Mehrzahl der Fälle über Stunden andauerte, während dieser Zeit nicht zu prüfen.



Auffallend war die immer wieder gemachte Beobachtung, dass die Reflexkurve stets von den hohen Frequenzen her „aufgerollt" wurde, während die niedrigen zuletzt ausfielen. Dies war besonders deutlich, wenn man wiederholt die Reizintensität für ein langsames Reizintervall, das „Intervalloptimum" und ein ganz kurzes Intervall ermittelte und auf die Feststellung von Zwischenwerten verzichtete. Bei den nächsten Versuchen kühlten wir dann auf nur 6° ab und bekamen jetzt zwar stark geänderte Reizschwellen im Vergleich zu denen bei Zimmertemperatur, die aber konstant blieben und wieder graphisch darstellbar waren. (Siehe Fig. 1).

Bei peripherer Kühlung des Nervstammes sehen wir also ein geringes Absinken der Reizschwellen bei den langsamen Frequenzen, eine geringe Verlagerung des Frequenzoptimums zu diesen hin und bei den höheren Frequenzen ein starkes Ansteigen der Reizintensität, während die Reflexe bei den ganz hohen Frequenzen nicht mehr auslösbar sind.

Jetzt gingen wir dazu über, zentral zu kühlen. Eine entsprechend zugebogene Glasröhre wurde auf den Rücken des Versuchstieres nach Oeffnung der Haut aufgelegt, und dann das Kühlwasser durch die Röhre geleitet. Dieselben Ergebnisse erzielten wir, wenn wir einfach kleine Eisstückchen auf den Rücken des Tieres aufbrachten, sie waren aber ganz verschieden von denen bei peripherer Kühlung. (Siehe Fig. 2).



Es sind jetzt auf der Seite der hohen Frequenzen keine oder nur unwesentlich höhere Intensitäten zur Auslösung des Reflexes notwendig, während die Reizschwellen bei den niederen Frequenzen ganz erheblich tiefer zu liegen kamen, und das Frequenzoptimum sich deutlich zu diesen hin verschob.

Die Ergebnisse der Kontrollversuche am Nervmuskelpräparat gehen klar aus Figur 3 hervor. Es sei jedoch vermerkt, dass beim älteren Präparat wieder eine, allerdings flache, Optimumskurve zustande kommt, während beim frischen die Reizschwellen bei den langen Reizintervallen alle auf einer Höhe liegen, um von einem gewissen Frequenzbereich ab, bei dem sonst das Frequenzoptimum liegt, wieder anzusteigen.

Diese Grundtendenzen unserer Versuchsergebnisse waren bei den technisch einwandfrei abgelaufenen Versuchen ausnahmslos die gleichen. Sie kamen sogar bei solchen Versuchen zum Ausdruck, die als nicht voll gelungen betrachtet werden

mußten, weil zum Beispiel die Präparate ohne erkennbare äußere Ursache keine Schwellenkonstanz aufwiesen. Wir stellten aber auch noch eine Reihe von Nebenbefunden fest, die wenigstens zum Teil für die Deutung unserer Versuche von Wichtigkeit sind.

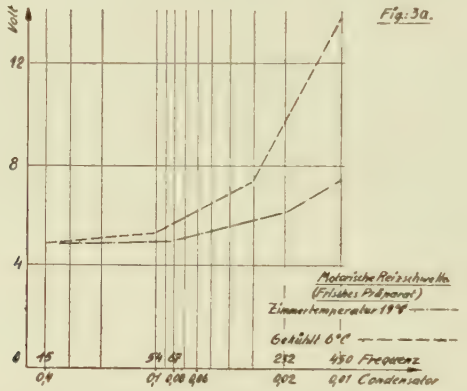


Fig. 3a.

Bei den langen Reizintervallen lag die Grenze, bei der keine Summation vorhanden war und statt dessen nur noch Einzelreize zur Wirksamkeit kamen, im allgemeinen bei einer Reizfrequenz von 5 n/ sec. Es war deutlich zu sehen, daß der Beinanziehreflex von diesem Frequenzbereich ab im Rhythmus der Schwingungen des Gerätes erfolgte. Die Uebergänge, die einerseits nur Einzelreize zur Erscheinung brachten, andererseits noch Summation erkennen ließen, waren fließend

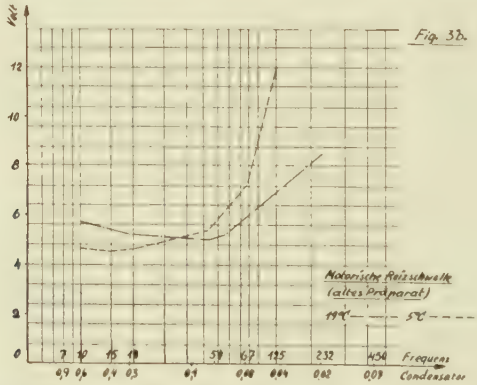


Fig. 3b.

und schwankten auch bei den einzelnen Versuchstieren innerhalb einer gewissen Frequenzbreite. An diesen Befunden änderte sich bei peripherer Kühlung nichts, während bei zentraler Kühlung die Frequenzen, die bei Zimmertemperatur nur

Einzelreize sichtbar werden ließen, eine einwandfreie Summation ergaben.

Weiter beobachteten wir bei allen Versuchen noch eine unterschiedliche Wirkung der kurzen und der langen Reizintervalle beim Zustandekommen der Reflexbewegung. Bei den niederen Frequenzen mußten wir von einem eben sichtbaren Zehenanheben bis zur Auslösung einer deutlich sichtbaren Reflexbewegung die Reizintensität noch erheblich steigern. Dies bereitete einer klaren Schwellenbestimmung nicht selten Schwierigkeiten. Bei den hohen Frequenzen dagegen trat der Reflex nach der ersten sichtbar angedeuteten Bewegung bereits nach ganz geringfügiger Erhöhung der Reizintensität fast übergangslos auf. In einer Reihe von Fällen beobachteten wir sogar, daß ohne den Vorboten einer angedeuteten Bewegung bei ganz geringer Reizverstärkung, aber an sich schon ziemlich hochliegender Reizintensität, schlagartig ein äußerst starker, krampfhafter Reflex erfolgte.

Bei einem drittel aller Fälle zeigte sich bei den langsamen Frequenzen von etwa 12-/ sec. sowohl bei Zimmertemperatur als auch bei zentraler Kühlung statt des Beugereflexes eine ausgesprochene Streckbewegung des Reflexbeines. Steigerte man bei den auf diese Weise reagierenden Versuchstieren die Reizintensität, so schlug der Streckreflex plötzlich in einen äußerst kräftigen Beugereflex um. Die notwendige Intensitätssteigerung war erheblich. Im Gegensatz zu dieser Erscheinung beobachteten wir in keinem Falle bei peripherer Kühlung statt des Beuge einen Streckreflex.

Befunde, die zunächst nicht mit den Ergebnissen der geschilderten Versuche in Einklang zu bringen waren, was namentlich bei den ersten Versuchen öfters vorkam, konnten in allen Fällen als durch Versuchsfehler bedingt nachgewiesen werden. Sie konnten nach Beseitigung der Fehler weder reproduziert noch gar in einer größeren Anzahl von Fällen beobachtet werden. Andererseits durften wir nicht für jeden Versuch Ergebnisse von absoluter Gleichmäßigkeit und Uebereinstimmung erwarten, da wir ja an lebenden Organismen gearbeitet haben. So waren bei einer Reihe von Tieren trotz sorgfältiger Präparation die Reizschwellen nicht konstant. Das Frequenzoptimum schwankte innerhalb einer gewissen Breite und war bei dem einen Tier schärfer ausgeprägt als bei dem anderen, sodaß damit auch der Reizschwellenanstieg diesseits und jenseits des Optimums etwas steiler oder flacher war, und schließlich waren bei dem einen Tier höhere Reizintensitäten zur Auslösung des Reflexes erforderlich als bei dem anderen.

IV.

Besprechung der Ergebnisse.

Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß die Reflexschwellenkurve unter dem Einfluß der Kühlung auf der Seite der schnellen Frequenzen ein ganz anderes Verhalten zeigt wie auf der Seite der langsamen Frequenzen. Die zentrale Kühlung veränderte den linken Schenkel der Kurve und ließ den rechten fast unberührt, während die periphere Kühlung gerade das umgekehrte Ergebnis erbrachte. Daraus können wir mit Sicherheit schließen, daß auch die Ursachen, die die Kurve Reizintervall — Reizintensität entstehen lassen, dieseits und jenseits des Frequenzoptimums ganz verschiedenen Ursprungs sein müssen.

Am einfachsten scheinen die Dinge auf der Seite der niedrigen Frequenzen bis zum Frequenzoptimum zu liegen. Schließen wir uns der von Sherrington begründeten Auffassung an, daß sich durch die nach dem Rückenmark fortgeleiteten Reize an den Synapsen ein chemischer Wirkstoff bildet, von dem sich bei dem später einlaufenden Reiz immer noch ein Rest, der durch die Wirksamkeit des vorhergehenden gebildet worden war, vorfindet, und sich der Rest mit dem neugebildeten fortgesetzt summiert, so wird das Zustandekommen der Kurve Reizintervall — Reizintensität von den langsamen Frequenzen bis zum Frequenz-Intensitäts-Optimum verständlich, denn die schneller auf die vorhergehende folgende Erregung muß einen größeren Rest Wirkstoff vorfinden, als dies umgekehrt der Fall ist. Wird durch die zentrale Kühlung der Abbau des Wirkstoffs verlangsamt, so erklärt sich das Absinken der Reizschwellen für die langsamen Frequenzen bei zentraler Kühlung, denn die eintreffenden Reize finden noch einen größeren Rest Wirkstoff vor, als dies bei Zimmertemperatur der Fall ist. In diese Auffassung fügt sich auch zwanglos die Beobachtung ein, daß wir für Reizintervalle, die bei Zimmertemperatur nur als Einzelreize wirken, bei zentraler Kühlung wieder einwandfreie Summation beobachten können, und daß das Frequenzoptimum sich zu den langen Reizintervallen hin verschiebt. Haben wir angenommen, daß der Abbau des Wirk-

stoffs durch die zentrale Kühlung verlangsamt wird, so müßte analog auch seine Bildung etwas verzögert werden. Dieser Umstand käme aber wieder der Besserung der Summationsbedingungen bei den langsamen Frequenzen zugute und würde andererseits den geringen Anstieg der Reizschwellen bei den hohen Frequenzen erklären. Auf Grund dieser Ueberlegungen und gestützt auf unsere Versuchsergebnisse können wir also sagen, daß das Zustandekommen der Schwellenkurve bei den langsamen Frequenzen bis zum Frequenzoptimum rein zentral bedingt ist.

Etwas komplizierter und nicht ganz so durchsichtig scheinen die Zusammenhänge bei den hohen Frequenzen zu liegen. Doch können wir auch hier zu einer Deutung gelangen, wenn wir die Reizschwellenkurve des Nervmuskelpräparates zum Vergleich heranziehen. Eine zentrale Summation kann hier infolge der Ausschaltung des Rückenmarks nicht vorliegen. Bei älteren Präparaten, die dennoch eine schwache Optimumskurve zeigen, scheinen die Nervenendigungen im Muskel, vielleicht nachdem sie ergendwie geschädigt sind, die Fähigket der Summation zu übernehmen. Die Gründe für diese Erscheinung spielen aber bei unseren Ueberlegungen keine Rolle. Wichtig ist vielmehr, daß wir auch beim Nervmuskelpräparat in allen Fällen von dem Frequenzbereich ab, bei dem sonst das Frequenzoptimum liegt, einen erheblichen Anstieg der Reizintensität bis zur Schwellenwirksamkeit sehen. Ist dieser Anstieg auch nicht so stark wie beim Reflexpräparat, so erlaubt das grundsätzlich gleiche Bild doch den Schluß, daß der Schwellenanstieg bei den hohen Frequenzen nicht auf ein Versagen der zentralen Summationsfähigkeit zurückzuführen ist, sondern im Wesentlichen periphere Ursachen hat, die wir vielleicht in der Refraktärphase des Nerven und auch in apparativen Einflüssen unserer Versuchsanordnung suchen müssen. Mit Sicherheit gilt dies wohl für den größten Teil des Schwellenanstiegs wenigstens bis zu der Höhe, bis zu der auch beim Nervmuskelpräparat die Reizintensität bis zur Schwellenwirksamkeit gesteigert werden muß. Nur für die Schwellenanstiegsdifferenz zwischen Nervmuskelpräparat und Reflexpräparat könnte man eine zentrale Ursache annehmen. Hierfür spricht der oft übergangslose und dann krampfhaft auftretende Reflex bei den hohen Frequenzen. Man konnte in diesen Fällen durchaus den Eindruck haben, als sei durch irgend einen Umstand die Reflexbildung verhindert. Durch Steigerung der Reizintensität muß diese „Hemmung" dann überwunden worden sein, was durch die außerordentliche Stärke des plötzlich auftretenden Reflexes, wie man ihn sonst nur

bei Reizintensitäten, die erheblich über der Schwelle lagen, beobachtete, zum Ausdruck kam. Ob diese Beobachtung und die daraus gefolgerten Schlüsse in allen Fällen gültig sind, ist allerdings fraglich, da wir diese ausgesprochenen Hemmungserscheinungen nur in einer geringen Anzahl von Fällen beobachten konnten, wenn man nicht schon das im Vergleich zu den langen Reizintervallen allgemeine, fast übergangslose Auftreten des Reflexes bei den hohen Frequenzen als durch dieselben Ursachen bedingt ansehen will, die den Hemmungserscheinungen zugrunde lagen.

V.

Zusammenfassung.

Unsere Versuche haben also ergeben, daß die beiden Schenkel der Kurve Reizintervall — Reizintensitat auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sind. Für die niedrigen Frequenzen bis zum Frequenzoptimum müssen wir Vorgänge annehmen, für die das Rückenmark durch Besserung der Summationsbedingungen und damit der Summationsfähigkeit entscheidend ist, während der andere Schenkel der Kurve vom Frequenzoptimum zu den hohen Frequenzen hin peripher bedingt ist. Zu diesen peripheren Bedingungen kommt vielleicht noch eine in ihrer Bedeutung geringere, zentrale Hemmung, deren Entstehungsbedingungen aber durch unsere Versuchsergebnisse nicht völlig geklärt sind.

Herrn Professor Dr. Achelis danke ich für die Ueberlassung der Arbeit und Herrn Dr. R. Völker für die Unterstützung bei ihrer Durchführung.

Lebenslauf.

Am 1. Dezember 1907 wurde ich zu Reichenbach im Odenwald als Sohn des Lehrers Wilhelm Meyer und seiner Ehefrau Emilie geboren. Nach dreijährigem Besuch der Volksschule zu Lautern i. Odenwald trat ich zu Ostern 1917 in das Gymnasium zu Bensheim ein und bestand hier zu Ostern 1926 die Reifeprüfung. Bis 1932 studierte ich an der Universität zu Frankfurt a. Main Geschichte, Germanistik und Philosophie. 1933 und 34 war ich in dem Gärtnereibertrieb von Paul Lienig zu Weinheim tätig. Im WS. 1934 35 schrieb ich mich an der Universität Heidelberg als Studierender der Zahnheilkunde ein und bestand nach dem WS. 1935/36 das zahnärztliche Vorexamen. In der Zeit vom 8. August bis zum 22. Dezember 1936 erfüllte ich beim I. R. 116 Gießen meine militärische Dienstpflicht. Nach dem WS. 1937 38 legte ich das zahnärztliche Staatsexamen ab.

Herbert Meyer.